

6587318  
6504690  
6327107  
63251900

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-316919

(43) 公開日 平成11年(1999)11月16日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 1 1 B 5/39  
G 0 1 R 33/09  
H 0 1 L 43/08

識別記号

F I  
G 1 1 B 5/39  
H 0 1 L 43/08  
G 0 1 R 33/06  
Z  
R

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平10-120504  
(22) 出願日 平成10年(1998)4月30日

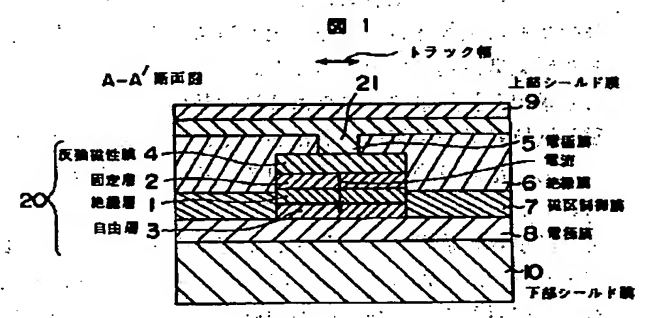
(71) 出願人 000005108  
株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地  
(72) 発明者 小室 文洋  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(72) 発明者 川戸 良昭  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内  
(74) 代理人 弁理士 富田 和子

(54) 【発明の名称】 スピントネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド

(57) 【要約】

【課題】スピントネル磁気抵抗効果 (TMR) を用いる再生用ヘッドであって、抵抗変化率の検出効率が高く、実用化可能なヘッド構造を提供する。

【解決手段】磁気抵抗効果膜 2、0 と、磁気抵抗効果膜 2、0 の膜厚方向に電流を流すために、磁気抵抗効果膜 2、0 を挟む一対の電極膜 5、8 とを有する。磁気抵抗効果膜 2、0 は、順に重ねられた、自由層 3 と、絶縁層 1 と、固定層 2 と、反強磁性層 4 とを備える。また、磁気抵抗効果膜 2、0 の両脇には、自由層 3 の磁区を制御するため、自由層 3 にバイアスをかける一対の磁区制御膜 7 を配置する。このとき、磁区制御膜 7 を、固定層 2 と接触しない位置に配置することにより、電極膜 5、8 から磁気抵抗効果膜 2、0 の膜厚方向に流れる電流が、磁区制御膜 7 を通ってリークすることを防止する。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すために、前記磁気抵抗効果膜を挟む一対の電極膜とを有し、

前記磁気抵抗効果膜は、順に重ねられた、強磁性層を含む自由層と、絶縁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備え、

前記磁気抵抗効果膜の両脇には、前記自由層の磁区を制御するために、前記自由層にバイアスをかける一対の磁区制御膜が配置され、

前記磁区制御膜は、前記固定層と接触しない位置に配置されていることを特徴とするスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項2】請求項1に記載のスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、前記一対の電極膜の少なくとも一方と前記磁気抵抗効果膜との間には、電極用絶縁膜が配置され、前記電極用絶縁膜は貫通孔を有し、前記電極膜は、前記貫通孔部分でのみ前記磁気抵抗効果膜と接触していることを特徴とするスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項3】請求項1または2に記載のスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、前記磁区制御膜は、膜の側面が、前記自由層の側面と接する位置に配置されていることを特徴とするスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項4】請求項1または2に記載のスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、前記一対の磁区制御膜は、間隔をあけて配置され、前記自由層は、両端が前記磁区制御膜の上にかぶさるように配置され、この自由層の上に、前記絶縁層、前記固定層および前記反強磁性膜が順に積層されていることを特徴とするスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項5】請求項3または4に記載のスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、前記固定層の側面は、前記電極用絶縁膜で覆われていることを特徴とするスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項6】請求項1または2に記載のスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、前記自由層、絶縁層、固定層および反強磁性層の側面は、高比抵抗膜で覆われ、前記高比抵抗膜の外側に前記磁区制御膜が配置されていることを特徴とするスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項7】請求項1または2に記載のスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドにおいて、前記一対の電極膜の外側にそれぞれ配置された一対のシールド膜を有し、前記シールド膜の一方は、前記電極膜の一方を兼用していることを特徴とするスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項8】記録媒体を回転駆動するための回転駆動部と、磁気ヘッドと、前記磁気ヘッドを前記記録媒体上に

支持する支持部と、前記磁気ヘッドの出力信号を処理する信号処理部とを有し、

前記磁気ヘッドは、再生ヘッドとして、スピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドを有し、

前記スピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドは、磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すために、前記磁気抵抗効果膜を挟む一対の電極膜とを有し、

前記磁気抵抗効果膜は、順に重ねられた、強磁性層を含む自由層と、絶縁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備え、

前記磁気抵抗効果膜の両脇には、前記自由層の磁区を制御するために、前記自由層にバイアスをかける一対の磁区制御膜が配置され、

前記磁区制御膜は、前記固定層と接触しない位置に配置されていることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項9】請求項8に記載の磁気記録再生装置において、前記一対の電極膜の少なくとも一方と前記磁気抵抗効果膜との間には、電極用絶縁膜が配置され、前記電極用絶縁膜は貫通孔を有し、前記電極膜は、前記貫通孔部分でのみ前記磁気抵抗効果膜と接触していることを特徴とする磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子計算機及び情報処理装置等に用いられる磁気記録再生装置の磁気ヘッドに係り、特に高密度記録を実現する上で好適なスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドに関する。

## 【0002】

【従来の技術】磁性体記録媒体の主流は、磁気ディスクと磁気テープにある。これらは、A1基板や樹脂製テープ上に磁性薄膜を成膜することにより形成されている。これら記録媒体に磁気情報の書き込みおよび読み出しには、電磁変換作用を利用した磁気ヘッドが用いられる。磁気ヘッドは、磁気情報を記録媒体に書き込むための書き込み部と、記録媒体の磁気情報を読み出す再生部から構成される。書き込み部には、一般的には、コイルとこれを上下に包みかつ磁氣的に結合された磁極から構成されたいわゆる誘導型のヘッドが用いられる。再生部は、高記録密度の磁気情報に対応するために、磁気抵抗効果(MR)ヘッドを用いることが近年提案されている。磁気抵抗効果ヘッドのなかでも、近年では、巨大磁気抵抗効果(GMR)を利用するヘッドがよく知られている。また、最近では、特開平10-4227号公報に記載されているように、強磁性トンネル磁気抵抗効果(スピントンネル磁気抵抗効果:TMR)を用いることが提案されている。TMRは、磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すことにより、磁気抵抗効果膜の主平面方向に電流を流すGMR等の従来の磁気抵抗効果よりも、大きな抵抗変化率を得ることができる。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、TMRを用いた磁気ヘッドとして実用化可能なものは、未だ開示されていない。

【0004】本発明は、スピントンネル磁気抵抗効果(TMR)を用いる実用化可能な磁気ヘッドの構造を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によれば、下記のようなスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドが提供される。

【0006】すなわち、磁気抵抗効果膜と、前記磁気抵抗効果膜の膜厚方向に電流を流すために、前記磁気抵抗効果膜を挟む一対の電極膜とを有し、前記磁気抵抗効果膜は、順に重ねられた、強磁性層を含む自由層と、絶縁層と、強磁性層を含む固定層と、前記固定層の磁化を固定する反強磁性層とを備え、前記磁気抵抗効果膜の両脇には、前記自由層の磁区を制御するために、前記自由層にバイアスをかける一対の磁区制御膜が配置され、前記磁区制御膜は、前記固定層と接触しない位置に配置されていることを特徴とするスピントンネル磁気抵抗効果型磁気ヘッドである。

【0007】このとき、前記一対の電極膜の少なくとも一方と前記磁気抵抗効果膜との間には、電極用絶縁膜が配置され、前記電極用絶縁膜は貫通孔を有し、前記電極膜は、前記貫通孔部分でのみ前記磁気抵抗効果膜と接触するように構成することが可能である。

## 【0008】

【発明の実施の形態】本発明の一実施の形態の磁気抵抗効果を用いた記録再生ヘッドについて説明する。

【0009】本実施の形態の記録再生ヘッドは、TMR(スピントンネル磁気抵抗効果)を用いる再生用TMRヘッドと、誘導型の記録用薄膜磁気ヘッドとを備えている。再生用TMRヘッドは、基板上に搭載され、TMRヘッドの上に記録用薄膜磁気ヘッドが搭載される。

【0010】本実施の形態では、再生用TMRヘッドの磁気抵抗効果膜に流れる電流が磁区制御層にリークするのを防ぐ構造とし、磁気抵抗効果膜の抵抗変化率の検出効率を高める。また、磁気抵抗効果膜に接する電極幅を狭めることにより、磁気抵抗効果膜の電流が流れる領域の幅を狭め、トラック幅の狭める。これらにより、より高記録密度の磁気記録媒体に対応可能な再生用TMRヘッドを備えた記録再生ヘッドを提供する。

【0011】まず、第1の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッドの構造について図1および図10を用いて具体的に説明する。記録用薄膜磁気ヘッドは、再生用TMRヘッドの上部に重ねて配置される。薄膜磁気ヘッドの構成は、すでによく知られているため、ここでは説明を省略する。

【0012】図10のように、セラミクス基板31上に

は、下部シールド膜10が形成されている。下部シールド膜10の上には、所望の形状にパターンニングされた電極膜8が配置されている。電極膜8上の一部には、4層構造の磁気抵抗効果膜20が配置されている。磁気抵抗効果膜20の両脇にはそれぞれ磁区制御膜7が配置され、磁気抵抗効果膜20と磁区制御膜7の上には、これらを埋め込むように、絶縁膜6が配置されている。絶縁膜6には、磁気抵抗効果膜20の上部に位置する部分に貫通孔21がけられている(図1)。絶縁膜6の上部には、電極膜5が配置され、電極膜5は、貫通孔21部分でのみ磁気抵抗効果膜20に接する。よって、電極膜5から電極膜8に向かって電流を流すと、電流は、電極膜5が磁気抵抗効果膜20に接している部分から磁気抵抗効果膜20を膜厚方向に流れる。したがって、磁気抵抗効果膜20のうち電流が流れる領域の幅は、ほぼ貫通孔21の幅に制限され、この幅がトラック幅となる。なお、電極膜5の上部には、上部シールド膜9(図10では不図示)が配置されている。

【0013】磁気抵抗効果膜20は、強磁性の自由層3と、電気的な絶縁層1と、強磁性の固定層2と、反強磁性層4とを順に積層した4層構造である。自由層3と固定層2は、磁化容易軸方向が平行になるように形成されている。また、固定層2は、反強磁性層4との磁気的交換結合により磁化が一定の方向に固定されている。自由層3の磁化は、この再生用TMRヘッドが磁気記録媒体に対向すると、磁気記録媒体に記録された磁気情報の磁化の方向に応じて回転する。これにより、自由層3の磁化方向は、固定層2の磁化方向と平行または逆平行となる。磁気抵抗効果膜20に電極膜5、8から膜厚方向に電流を流すと、電流は絶縁膜1をトンネルして流れ、スピントンネル磁気抵抗効果(TMR)により、磁気抵抗効果膜20の電気抵抗は、自由層3と固定層2の磁化方向が互いに平行か逆平行かによって変化する。

【0014】磁区制御膜7は、自由層3の磁区の発生を抑制するために、自由層3にバイアス磁界を加える強磁性膜である。このとき、本実施の形態では、磁区制御膜7の上面が、絶縁層1の上面よりも必ず下側(基板31側)に位置するような位置関係とし、固定層2と磁区制御膜7とが互いに接触しないようにする。これは、磁区制御膜7が低比抵抗であるため、もし固定層2と接触していると、電極膜5から電極膜8に流れる電流の一部が、絶縁層1をトンネルせずに、固定層2から磁区制御膜7を通して電極膜8へリークしてしまうためである。図1の構成では、固定層2と磁区制御膜7とが互いに非接触であるため、電流のリークを防止できる。

【0015】次に、各膜の材料を説明する。下部シールド膜10は、CoNbZr等のCo系非晶質合金、NiFe合金、FeAlSi合金膜、あるいはCoNiFe合金により形成する。膜厚は、1 $\mu$ m以上5 $\mu$ m以下である。上部シールド膜9は、NiFe合金やCoNiFe

e合金により形成し、磁歪定数の絶対値が $5 \times 10^{-6}$ 以下である。上部シールド膜9は、記録用薄膜磁気ヘッドの下部コアを兼用することができ、この場合、上部シールド膜9を強磁性層と酸化物との多層膜や、BやPなどの半金属を含む強磁性合金膜にすることができる。また、上部シールド膜9は、記録用薄膜磁気ヘッドの高周波特性向上のために高比抵抗( $40 \mu\Omega\text{cm}$ 以上)であることが望ましい。

【0016】電極膜8は、磁気抵抗効果膜20の下地膜となるので、磁気抵抗効果膜20の特性が安定かつ高抵抗変化量となるような電極膜とする必要がある。具体的には、電極膜8の表面は、平滑かつ清浄面が望ましく、また高電流密度を考慮すると高融点材料が望ましい。よって、高融点材料で発熱の少ない低比抵抗材料であるTa、Nb、Ru、Mo、Pt、Ir等あるいは、これらの元素を含む合金、例えば、Ta合金、TaW合金により、またはW、Cu、Al等の合金により、スパッタリング法や真空蒸着法等で電極膜8を形成する。この電極膜8の膜厚は、3~30nmであり、シールド膜10とシールド膜9との間隔によって膜厚を変える。薄くすればシールド膜10とシールド膜9との間隔を狭くでき、再生用TMRヘッドの分解能を高めることが可能となる。この電極膜8は、多層膜(例えば、Ta層/Pt層/Ta層の多層構造やTa層/Cu層/Ta層の多層構造等)としても良い。

【0017】電極膜5は、電極膜8と同種の材料で形成する。

【0018】磁気抵抗効果膜20の自由層3は、NiFe合金、Co合金、FeCo合金、CoNiFe合金等のいずれかの強磁性材料からなる単層構造か、もしくは界面での拡散防止あるいは異方性分散の抑制のために強磁性層を含む多層構造にすることができる。多層構造としては、例えば、Co層/NiFe層/Co層の多層構造や、Co層/NiFe合金層/CoFe層の多層構造にすることができる。自由層3の材料ならびに単層にするか多層にするかは下地である電極膜8との組合せによっても決定される。固定層2はCoやCo合金により形成するが、あるいは自由層3と同じ材料または構造にすることが可能である。また、固定層2は、磁性層と非磁性層との多層構造にすることもできる。例えば、Co層/Ru層/Co層のように強磁性層/非磁性層/Co層のような多層構造とすることができる。反強磁性層4は、IrMn、CrMn系合金(CrMnPtやCrMnRuやCrMnRh)、MnRh合金、MnPt合金、MnPtPd合金、NiMn合金、NiMnPd合金、MnRhRu合金、NiO、CoO合金、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>合金、CrAl合金により形成することができる。あるいは、これらの材料層の組合せからなる多層膜によって反強磁性膜4を形成することもできる。自由層3の膜厚は3~10nm、固定層2は1~10nm

m、反強磁性膜4は2~25nmである。これらは、スパッタリング法を用いて形成できる。

【0019】磁気抵抗効果膜20の絶縁層1は、酸化物、窒化物、フッ化物、ホウ化物のいずれか、もしくは、いずれかを含む材料により形成する。例えば、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>、Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、TiO<sub>2</sub>あるいはペロブスカイト構造を持つ酸化物またはこれらの酸化物の一部に窒素が添加された酸化物と窒化物の混合相により形成する。また、絶縁層1は、多層膜であっても良い。絶縁層1の膜厚は、0.2nm~3nmと極薄くする。

【0020】一方、絶縁膜6は、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>やSiO<sub>2</sub>により形成する。また、非磁性金属膜/酸化物膜/非磁性金属膜の多層構造あるいは、強磁性金属膜/酸化物膜/強磁性金属膜のような多層構造にすることにより、絶縁耐圧の高い絶縁膜とすることができる。例えば、Al膜/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜/Al膜の多層構造や、Ni膜/NiO膜/Ni膜の多層構造や、Co膜/CoO膜/Co膜の多層構造にすることができる。また、Ti、Sr、Baのうち少なくとも一つの元素を含む酸化物により絶縁膜6を形成することもできる。このようなTiやSrやBaを含む膜は、ペロブスカイト構造を含んだ膜となり、絶縁耐圧を高くすることが可能である。

【0021】磁区制御膜7は、Co系の硬質強磁性膜により形成する。磁区制御膜7の下地に非磁性金属であるCr、Nb、あるいはTa膜を配置しても良い。

【0022】なお、絶縁膜6の貫通孔21は、トラック幅を決定するため、できるだけ小さい幅に形成することが望ましい。このための製造工程としては、例えば次のような手順にすることができる。まず、基板31上に下部シールド膜10と磁気抵抗効果膜20を成膜し、磁気抵抗効果膜20をミリング法を用いてエッチングした後、磁区制御膜7を成膜する。このとき、磁気抵抗効果膜20上に成膜される磁区制御膜7は、リフトオフ法により取り除く。さらに絶縁膜6を成膜する。絶縁膜6は、スパッタリング法やCVD法で形成される。次にこの絶縁膜をRIE(反応性イオンエッチング)法を用いてエッチングし、貫通孔21を形成する。このエッチング条件が重要であり、エッチングガスにはCHF<sub>3</sub>や塩素系ガスを用いて、貫通孔21の幅が狭くなるように形成する。その後、電極膜5を形成し、貫通孔21を電極膜5により充填する。そして、エッチングやCMP(化学的機械的研磨法)により電極膜5の表面を平滑に加工し、平滑な電極膜5の上に上部シールド膜9をスパッタリング法やメッキ法を用いて形成する。その後、この上に記録用の薄膜磁気ヘッドを形成する。

【0023】このような構成の図1の再生用TMRヘッドを搭載した磁気抵抗効果ヘッドによって、記録媒体の磁気情報を再生する動作について説明する。まず、磁気抵抗効果ヘッドの浮上面51を記録媒体上で浮上させ、これにより、浮上面51を記録媒体とわずかな間隔をあ

けて対向させる。固定層2の磁化方向は、反強磁性膜4との磁気的交換結合によって固定されているため変化しない。一方、自由層3の磁化は、記録媒体の磁気情報の磁化方向と応じて回転する。よって、固定層2の磁化方向と自由層3の磁化方向は、記録媒体の磁気情報によって、平行もしくは逆平行のいずれかの状態となる。電極膜5、8間に電流を流すと、電流は磁気抵抗効果膜20の絶縁層1をトンネルして膜厚方向に流れる。このとき、スピントンネル磁気抵抗効果により、磁気抵抗効果膜20の電気抵抗は、固定層2の磁化方向と自由層3の磁化方向が平行か逆平行かにより異なる。よって、電極膜5、8間の電流を検出し、抵抗変化率を検出することにより、記録媒体の磁気情報を再生することができる。また、記録媒体に磁気情報を記録する際には、浮上面51を記録媒体上で浮上させ、再生用TMRヘッドの上に搭載されている記録用薄膜磁気ヘッドによって記録する。

【0024】上述してきた第1の実施の形態の図1の再生用TMRヘッドは、絶縁膜6により磁気抵抗効果膜20と接する電極膜5の幅を狭め、トラック幅を磁気抵抗効果膜20の幅よりも狭くしている。従って、磁気抵抗効果膜20の幅を狭めることなく、容易にトラック幅を狭くすることができ、磁気記録再生装置の磁気ディスクの記録密度を増加させることができる。

【0025】また、図1の再生用TMRヘッドでは、磁区制御膜7と固定層2が、互いに接触しないような位置関係にしているため、電流が、固定層2から磁区制御膜7を通して電極膜8にリークするのを防ぐことができる。これにより、磁気抵抗効果膜20を膜厚方向に流る電流を増加させることができるため、スピントンネル磁気抵抗効果による磁気抵抗効果膜20の抵抗変化率の検出に寄与する電流量が増加し、抵抗変化率の検出効率を高めることができる。

【0026】このように、第1の実施の形態では、高記録密度に対応可能であり、しかも、抵抗変化率の検出効率が高い再生用TMRヘッドが得られる。

【0027】つぎに、第2の実施の形態の再生用TMRヘッドを図2に示す。

【0028】図2の構成において、すでに説明した図1と同じ層、膜については同じ符号を付した。図2の再生用TMRヘッドで図1の再生用ヘッドと大きく異なるのは、磁気抵抗効果膜20の両端部が、磁区制御膜7の上にかかるような構造にしていることである。このような構造にすることにより、自由層2と磁区制御膜7との間には、必ず絶縁層1が存在するため、自由層2から磁区制御膜7へ電流のリークをいっそう効果的に防ぐことができる。したがって、磁区制御膜7を低比抵抗の膜（CoCr合金膜）にすることも可能である。また、図2の構成では、上部シールド膜9を上部電極膜5と兼用している。これにより製造工程を簡略化することができる。

【0029】図2の構造において、絶縁膜6をSiO<sub>2</sub>により形成し、CHF<sub>3</sub>をエッチングガスとしてRIEにより貫通孔21を形成した場合、形成可能な貫通孔21の幅（トラック幅）は0.2μm～0.3μmである。このトラック幅は、記録密度20Gb/in<sup>2</sup>以上の高記録密度を実現することができる。

【0030】つぎに、第3の実施の形態の再生用TMRヘッドを図3に示す。

【0031】図3の構造において、図1の層、膜と同じものには、同じ符号を付している。図3は、磁気抵抗効果膜20は、側面に50度から80度の角度テーパがある。このテーパは、磁気抵抗効果膜20をイオンミリングする際のイオンの入射条件により生じるものである。下部シールド膜10は、Co系非晶質合金あるいはFeAlSi合金膜である。電極膜8は、Ta合金、TaW合金、あるいは、Nb、Mo、W、Cu、AlあるいはRu、Pt等の貴金属合金である。電極膜8は、多層膜（例えば、Ta層/Pt層/Ta層の多層構造や、Ta層/Cu層/Ta層の多層構造）である。自由層2は、界面での拡散防止あるいは異方性分散の抑制のために多層膜としている。例えば、Co層/NiFe層/Co層の多層構造とする。

【0032】つぎに、図3の再生ヘッドの製造工程について、図11(a)～(d)および図12(e)～(g)を用いて説明する。

【0033】まず、基板31（図3、図11、図12では不図示）上にスパッタリング法やメッキ法により下部シールド膜10を形成した後、電極膜8を蒸着法によって形成する。その後、電極膜8の表面をイオンクリーニングした後、磁気抵抗効果膜20の自由層3、絶縁層1、固定層2、反強磁性膜4を順に成膜する。そして、磁気抵抗効果膜20の4層をイオンミリングにより加工する。加工した磁気抵抗効果膜20の上に、図11(a)のような形状のレジスト膜12を形成した後、磁区制御膜7を成膜し（図11(b)）、レジスト膜12を溶かし、磁気抵抗効果膜20上の磁区制御膜7をリフトオフする（図12(c)）。その後、絶縁膜6を形成し、この上にレジスト膜13を形成し、レジスト膜13をパターニングする（図11(d)）。このレジスト膜13をマスクとして、RIEによって絶縁膜6を加工する。これにより貫通孔21が形成できる（図12(e)）。なお、RIEによって反強磁性膜4がダメージを受けるのを防ぐために、反強磁性膜4と絶縁膜6との間にストップ膜をあらかじめ形成しておくこともできる。そして、レジスト膜13を除去し（図12(f)）、絶縁膜6の上に上部シールド膜9を形成する（図12(g)）。これにより、図3の再生用TMRヘッドを作製できる。

【0034】なお、図2、図3の上部シールド膜9は、電極膜5と兼用になっているが、この場合、絶縁膜6お



よび磁気抵抗効果膜20に沿った形状となるため、図1の構造と比較し、上部シールド膜9が平滑でない。そのため、貫通孔21付近で、上部シールド膜9に磁壁が発生しやすい。これを防止するためには、貫通孔21の付近に、非磁性膜を形成して、多層のシールド膜9にすれば良い。例えば、 $\text{NiFe}$ 層/ $\text{Al}_2\text{O}_3$ 層/ $\text{NiFe}$ 層のような多層構造のシールド膜9にすると、磁壁の発生を防止でき、再生用TMRヘッド出力の変動の防止、ノイズ発生の防止に寄与することがわかっている。

【0035】つぎに、第4の実施の形態の再生用TMRヘッドを図4に示す。

【0036】図4の構成において、すでに説明した図1と同じ層、膜については同じ符号を付した。図4の再生用TMRヘッドは、磁気抵抗効果膜20にテーパーがあり、しかも、磁気抵抗効果膜20の中の自由層3が他の層1、2、4よりも幅が広くなっており、自由層3の上面の両端に絶縁膜6が接するようにしている。このため、図4の構成は、図3の構成と比較して、磁区制御膜7と固定層2とが絶縁膜6により完全に隔絶されるため、高い信頼性で、電流が固定層2から磁区制御膜7へリークするのを防ぐことができる。

【0037】図4の再生用TMRヘッドを作製する際には、磁気抵抗効果膜20の自由層3のみを成膜した後、一旦ミリングを行い自由層3のみを加工し、この上に絶縁層3、固定層2、反強磁性膜4の3層を形成した後、再度ミリングしてこれら3層を加工するようにする。あるいは、磁気抵抗効果膜20の4層を一度に成膜し、ミリングにより絶縁層3、固定層2、反強磁性膜4の3層をエッチングし、自由層3の上でエッチングを止めるようにすることで図4のような形状を実現できる。他の製造手順ならびに材料は、図3の実施の形態と同様に行うことができる。

【0038】つぎに、磁区制御膜7と磁気抵抗効果膜20の間に高比抵抗膜11を設けた実施の形態を図5から図8にそれぞれ示す。この高比抵抗膜11は、磁気抵抗効果膜20を膜厚方向に流れる電流が、磁区制御膜7にリークするのを防止するものであり、絶縁膜あるいは半導体膜によって形成する。

【0039】図5の再生用TMRヘッドは、図3の構成に似ているが、絶縁膜6を備えず、その代わりに高比抵抗膜11を備えている。高比抵抗膜11は、磁気抵抗効果膜20の側面を覆うように配置され、その外側に磁区制御膜7が配置されている。高比抵抗膜11には、図3の絶縁膜6と同様に貫通孔が形成され、この貫通孔の幅が、反強磁性膜4に接する電極膜5（上部シールド膜9兼用）の幅、すなわちトラック幅を決定する。

【0040】図5の再生用TMRヘッドを作製する手順を簡単に説明する。まず、基板31上に下部シールド膜10、電極膜8、磁気抵抗効果膜20を成膜した後、磁気抵抗効果膜20をミリング法により加工する。この上

に、 $\text{SiO}_2$ または $\text{Al}_2\text{O}_3$ 等により膜厚5～10nmの高比抵抗膜11をスパッタリングにより成膜する。スパッタリング条件（特に基板とターゲット間の距離）を変えることにより膜の付き周りを換え、図5のような厚さの高比抵抗膜11を作製する。その後、磁区制御膜7を成膜する。磁区制御膜7の膜厚は、5～20nmである。磁気抵抗効果膜20の上部の磁区制御膜7は、図11(b)、(c)と同じようにリフトオフ法により取り除く。また、高比抵抗膜11には図11(d)、図12(e)、(f)と同様の手法により、貫通孔を形成する。その後、上部シールド膜9（電極膜5兼用）を形成する。

【0041】一方、図6～図8の各構成は、絶縁膜6も高比抵抗膜11も備えている。高比抵抗膜11の膜厚は、磁気抵抗効果膜20の側面の上部ほど薄く、他の平坦な部分では一様な厚さとなっている。磁区制御膜の上面は、磁気抵抗効果膜20の上面と一致した平坦な面になっている。よって、絶縁膜6は、一様な膜厚になる。また、磁気抵抗効果膜20の各層が順番が図1～図5の構成とは全く逆の順番になっている。すなわち、電極膜8側から反強磁性膜4、固定層2、絶縁層1、自由層3の順に配置されている。トラック幅は、図1から図4の構造と同じく絶縁膜6の貫通孔の間隔で決定される。

【0042】また、図7の構成は、下部の電極膜8（磁気抵抗効果膜20の下地膜を兼用）もミリング法により加工し、電極膜8の側面部にも高比抵抗膜11を形成したものである。また、図8の構成では、高比抵抗膜11が自由層3の上面の両端部まで乗り上げている。

【0043】ここで、図6の構成の再生用TMRヘッドの製造工程について、図13(a)～(d)、図14(e)～(g)を用いて説明する。

【0044】まず、基板31（図6、図13、図14では不図示）上にスパッタリング法やメッキ法により下部シールド膜10を形成した後、電極膜8を蒸着法によって形成する。その後、電極膜8の表面をネオングリーミングした後、磁気抵抗効果膜20の反強磁性膜4、固定層2、絶縁層1、自由層3を順に成膜する。そして、磁気抵抗効果膜20の4層および電極膜8をネオンミリングにより加工する。加工した磁気抵抗効果膜20の上に、図13(a)のような2段形状のレジスト膜42を形成する。この上に、高比抵抗膜11を成膜し（図13(b)）、その後レジスト膜42を溶かして磁気抵抗効果膜20上の高比抵抗膜11をリフトオフする。この上に、磁区制御膜7を成膜する（図13(c)）。磁区制御膜7の上面をCMP（化学的機械的研磨法）により研磨して平坦にする（図13(d)）。この上に、絶縁膜6を形成し、さらにレジスト膜43を形成し、レジスト膜43をパターニングする（図14(e)）。このレジスト膜43をマスクとして、RIEによって絶縁膜6を加工する。これにより貫通孔21が形成できる（図14

(e) )。そして、レジスト膜43を除去し、絶縁膜6の上に上部シールド膜9(電極膜5兼用)を形成する(図14(g))。これにより、図7の再生用TMRヘッドを作製できる。

【0045】上述の図5～図8の各構成の再生用TMRヘッドは、高比抵抗膜11により磁気抵抗効果膜20の側面全体を覆い、磁区制御膜7と磁気抵抗効果膜20とを電氣的に隔絶している。これにより、固定層2から磁区制御膜7を通して電極膜8に至るリーク電流が生じることがないため、磁気抵抗効果膜20を膜厚方向に流る電流を増加させることができ、スピントンネル磁気抵抗効果による磁気抵抗効果膜20の抵抗変化率の検出効率を高めることができる。

【0046】また、図1から図3の構成と同様に、図5～図8の構成も、絶縁膜6や高比抵抗膜11により磁気抵抗効果膜20と接する電極膜5の幅を狭め、トラック幅を磁気抵抗効果膜20の幅よりも狭くしているため、磁気抵抗効果膜20の幅を狭めることなく、容易にトラック幅を狭くすることができ、磁気記録再生装置の磁気ディスクの記録密度を増加させることが可能である。

【0047】さらに、図6～図8の構成は、磁区制御膜7の上面を磁気抵抗効果膜20の上面と一致させ、平坦にしているため、上部シールド膜9(電極膜5兼用)は、貫通孔21の部分を除いて一様な膜厚にできる。このため、上部シールド膜9に磁壁が生じにくく、上部シールド膜9の特性を向上させることができる。

【0048】つぎに、上述してきた本実施の形態の記録再生ヘッドを用いた磁気記録再生装置の全体の構成と動作について図9を用いて説明する。

【0049】記録再生ヘッド210は、上述してきた図1～図8の再生用TMRヘッドのいずれかと、その上に搭載された記録用薄膜磁気ヘッドとを備えたものである。記録再生ヘッド210は、浮上面51を下に向けてバネ211の先端に支持されている。バネは、ヘッド位置決め機構320に取り付けられている。ヘッド位置決め機構320は、記録再生ヘッド210を記録媒体(ハードディスク)110上に位置決めする。記録媒体110は、スピンドルモータ310により回転駆動される。記録再生ヘッド210のTMRヘッドの電極膜5、8間に流れる電流は、再生信号処理系330により処理され、記録媒体110の磁気情報が再生されてコントローラ340に受け渡される。具体的には、電極膜5、8間に流れる電流は、プリアンプ331で増幅され、データ再生回路332により抵抗変化率が検出され、復号器333により復号される。また、サーボ検出器33は、プリアンプ331の出力から記録再生ヘッド210をトラッキング制御する。

【0050】図9の磁気記録再生装置は、記録再生装置の再生ヘッドとして、本実施の形態の図1～図8のうちのいずれかの構成のTMRヘッドを搭載している。この

TMRヘッドは、磁区制御膜7への電流のリークを防止できるため、再生信号処理系330において、高い検出効率でスピントンネル磁気抵抗効果による抵抗変化率を検出でき、再生時の検出感度の高い磁気記録再生装置を得ることができる。また、このTMRヘッドは、磁気抵抗効果膜20に接する電極膜5の幅を狭めているため、トラック幅が狭く、高い記録密度で記録された記録媒体110の磁気情報を再生することができる。

【0051】このように、本実施の形態では、スピントンネル磁気抵抗効果を用いる記録再生ヘッドであって、リーク電流を防止でき、しかも、トラック幅の狭い、実用化可能なヘッドの構造を提供できる。

#### 【0052】

【発明の効果】上述してきたように、本発明によれば、スピントンネル磁気抵抗効果(TMR)を用いる再生用ヘッドであって、抵抗変化率の検出効率が高く、実用化可能なヘッド構造を提供することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分の構成を示す断面図。

【図2】本発明の第2の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分の構成を示す断面図。

【図3】本発明の第3の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分の構成を示す断面図。

【図4】本発明の第4の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分の構成を示す断面図。

【図5】本発明のさらに別の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分であって、高比抵抗膜11を配置した構成を示す断面図。

【図6】本発明のさらに別の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分であって、高比抵抗膜11を配置した構成を示す断面図。

【図7】本発明のさらに別の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分であって、高比抵抗膜11を配置した構成を示す断面図。

【図8】本発明のさらに別の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分であって、高比抵抗膜11を配置した構成を示す断面図。

【図9】本実施の形態の記録再生ヘッドを用いた磁気記録再生装置の主要部の構成を示す説明図。

【図10】本発明の第1の実施の形態の記録再生ヘッドの再生用TMRヘッド部分の構成を示す斜視図。

【図11】(a)～(d)図3の構成の再生用TMRヘッドの製造工程を示す断面図。

【図12】(e)～(g)図3の構成の再生用TMRヘッドの製造工程を示す断面図。

【図13】(a)～(d)図7の構成の再生用TMRヘッドの製造工程を示す断面図。

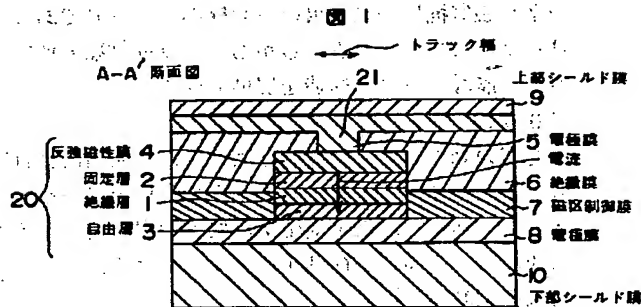
【図14】(e)～(g)図7の構成の再生用TMRヘッドの製造工程を示す断面図。

## 【符号の説明】

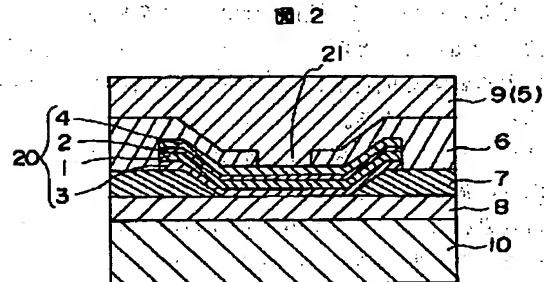
1…絶縁層、2…固定層、3…自由層、4…反強磁性膜、5…電極膜、6…絶縁膜、7…磁区制御膜、8…電極膜、9…上部シールド膜、10…下部シールド膜、11…高比抵抗膜、12、13、42…レジスト膜、20…磁気抵抗効果膜、21…貫通孔、31…基板、51…

浮上面、110…記録媒体（ハードディスク）、210…記録再生ヘッド、211…バネ、310…スピンドルモータ、320…ヘッド位置決め機構、330…再生信号処理系、331…プリアンプ、332…データ再生回路、333…復号器、334…サーボ検出器、340…コントローラ。

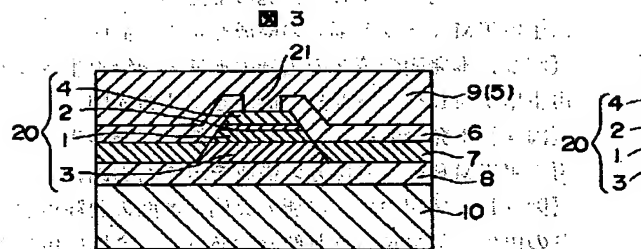
【図1】



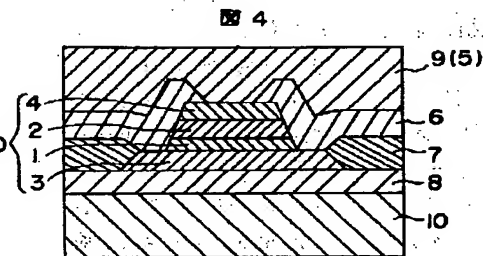
【図2】



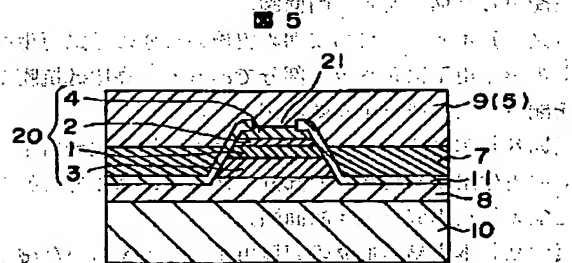
【図3】



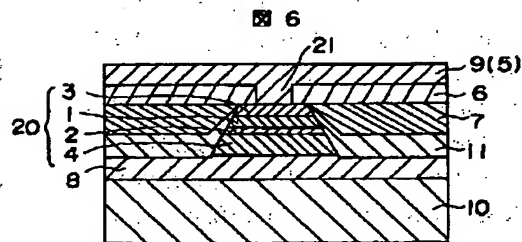
【図4】



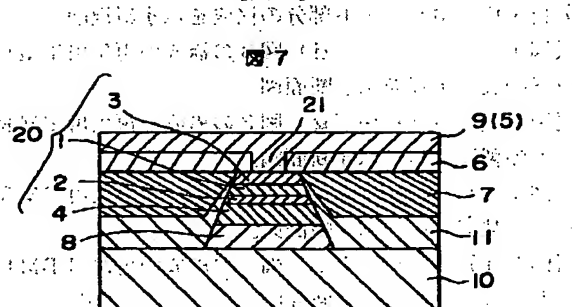
【図5】



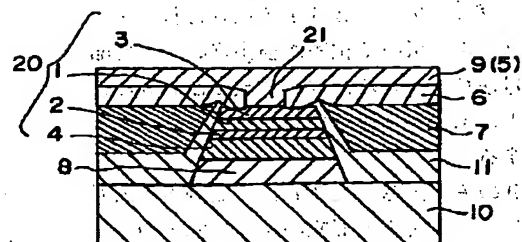
【図6】



【図8】

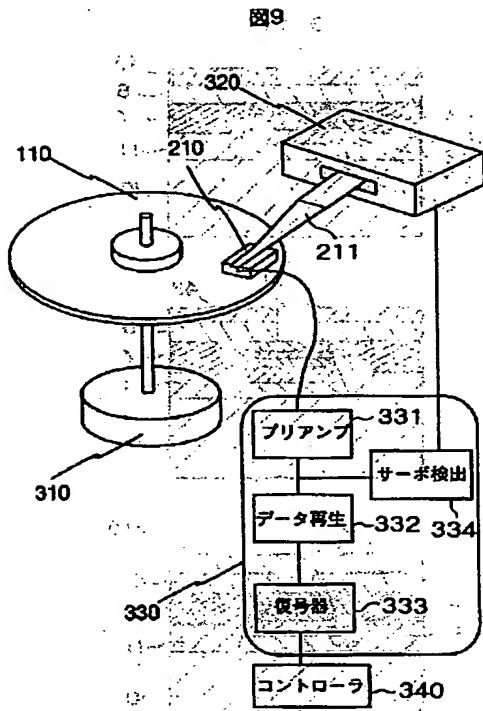


【図8】

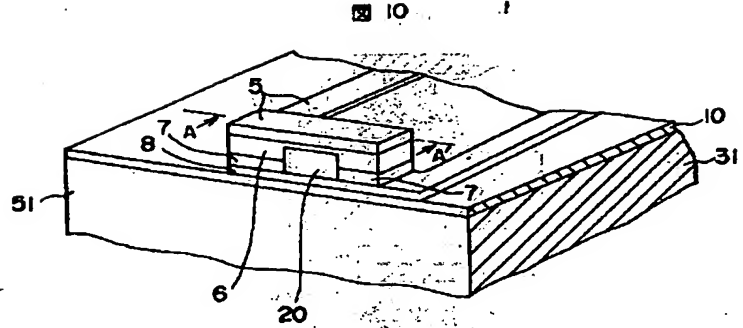




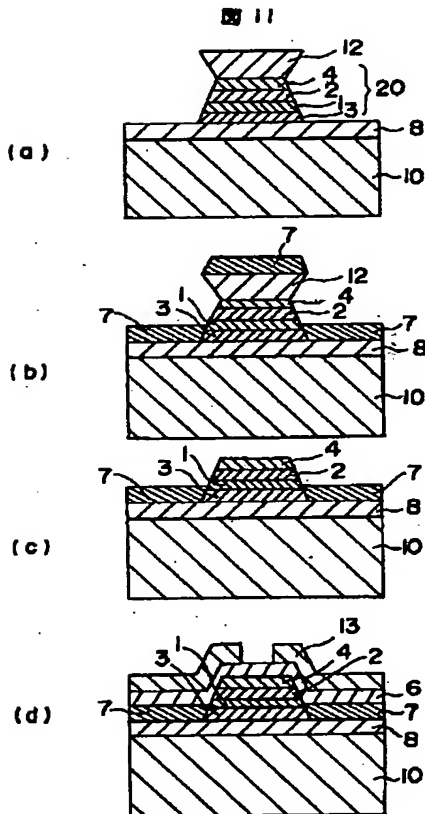
【図9】



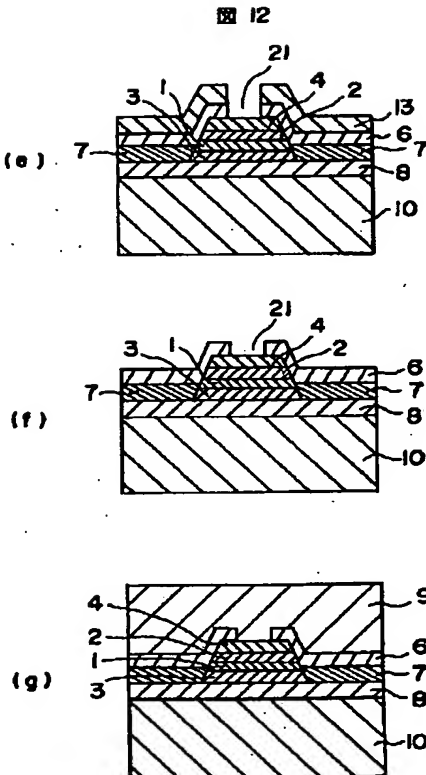
【図10】



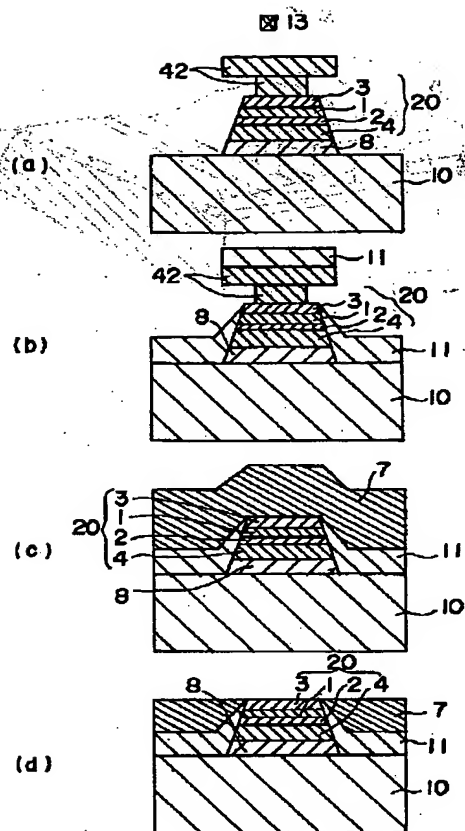
【図11】



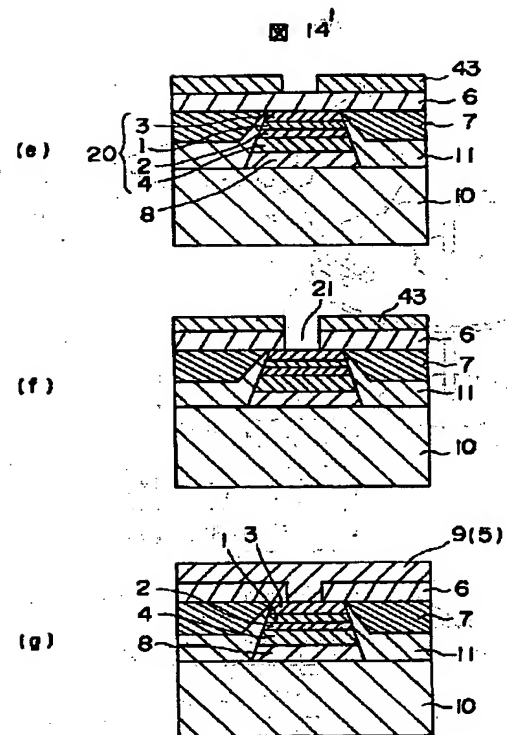
【図12】



【図13】



【図14】



BEST AVAILABLE COPY

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☒ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**